



TITLE:

光音響分光法による半導体の欠陥状態と欠陥生成の研究および電流注入音響法による半導体レーザの非発光過程の研究(VI. 半導体の格子緩和, 強結合電子・格子系の動的物性, 科研費研究会報告)

AUTHOR(S):

御子柴, 宣夫

CITATION:

御子柴, 宣夫. 光音響分光法による半導体の欠陥状態と欠陥生成の研究および電流注入音響法による半導体レーザの非発光過程の研究(VI. 半導体の格子緩和, 強結合電子・格子系の動的物性, 科研費研究会報告). 物性研究 1982, 38(2): A64-A66

ISSUE DATE:

1982-05-20

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/90590>

RIGHT:

§1. はじめに

よく知られているように、固体に光を照射すると反射と吸収が起こる。吸収されたエネルギーは、光損傷を誘起する分を除き、発光過程による Photoluminescence (PL) と非発光過程による熱（歪、フォノン、音波）となる。断続光を使用する場合、この熱は固体の周囲の媒体の薄い層に断続的な温度変化、従って圧力変化を与え、断続光の周波数と同じ周波数の音波を発生させる。この音波をマイクロフォンで測定するのが、固体における普通の光音響分光法 (Photoacoustic Spectroscopy; PAS) である。光照射面の裏側に圧電トランスジューサを付け、熱弾性効果によって生じた歪（音波）を検出してもよい。PAS の特長は、光（光以外の励起手段を用いてもよい）による励起状態からの非発光過程を直接に観測できる点にあり、光吸収や PL などの実験では得られない有用な情報が得られるものと期待されている。図 1 に、現象の流れを示す。

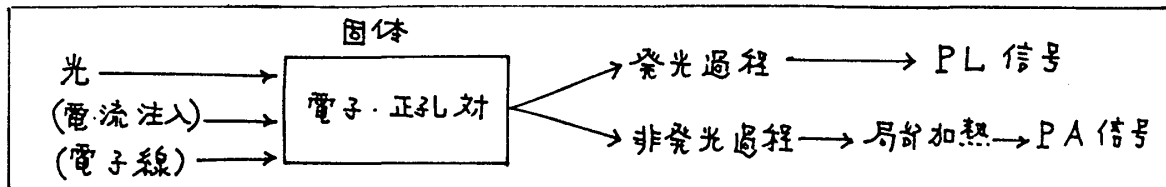


図 1.

§2. 研究の発足

1980年、坪内和夫君（東北大）と和佐憲治君（東北大、現在日電）は、PASが半導体中の非発光中かや欠陥分布の測定に応用しうることを見出し、研究を開始した。PAおよびPL測定のプロック図を図2に示す。まず、CdSでの基礎吸収端付近におけるPA信号をZnOトランスジューサで観測したところ、A、B、C励起子やセッ浅い準位に対応した信号が得られた¹⁾。また、CdSやSiでの傷や欠陥分布の測定がHe-Neレーザ光を用いて行なわれ、感度のよいことが確かめられた¹⁾。他方、半導体レーザが発光ダイオードでは劣化が重大な問題であり、InP系のデバイスがGaAs系デバイスと比較して急速劣化がなれることが注目されていた。そこで、

転位を含むGaAsと

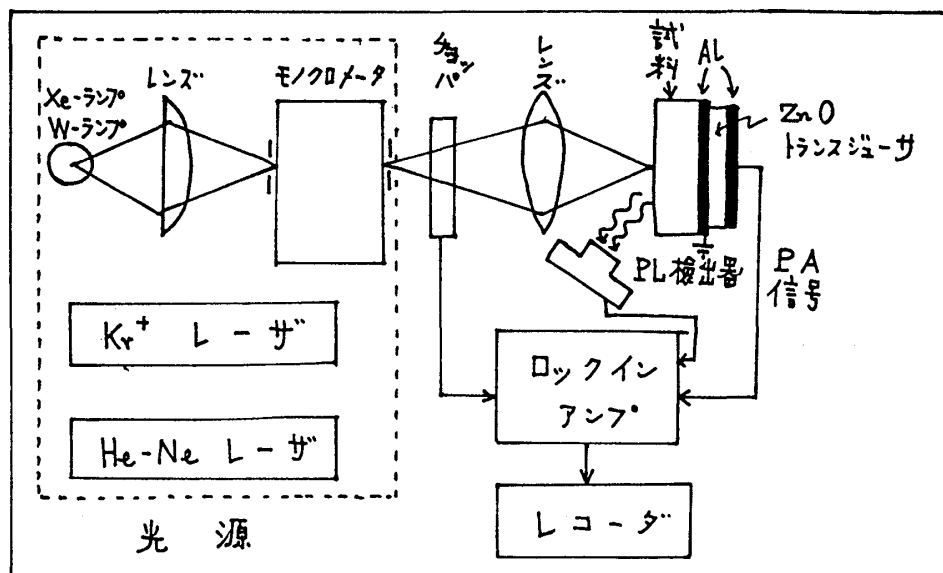


図 2

InP の PA および PL 信号を測定したところ、多化メカニズムのきかめりになると思われ、情報も得ることができた^{2),3)}。また、PA 発生機との理論的検討を行ない、一様発熱の場合には Jackson-Amer の Expansion-Bending モデルが適用できるが、局所発熱の場合にモデル修正の必要があることを示した⁴⁾。

他方、最初の PAS の研究¹⁾ に非常に興味を持った山西正道者(広島大)と末宗毅夫君(広島大)は、半導体レーザの動作中に非発光過程を通して熱になるエネルギー成分を PZT トランスジューサで検えることを考え、東北大グループと情報交換をしつつ、電流注入音響法 (Current-Induced Acoustic Spectroscopy; CIAS) の研究を開始した。CIAS 測定のプロック図 (半導体レーザの光出力も同時測定) を図 3 に示す。まず、GaAlAs/GaAs DH レーザの CIA 信号の飽和が観測され、それによって利得飽和に対応しているらしいことが推論された^{5),6)}。ところで、InGaAsP/InP DH レーザでは“しきい値”電流値の大きな温度依存性が重大問題であり、クラッド層への漏れ電流、オージェプロセスによる非発光再結合、価電子帯内の帯間光吸収などが検討されている。そこで、InGaAsP/InP DH レーザの CIA 信号を観測したところ、利得飽和が“しきい値”電流よりもずっと小さいところで起こり、レーザ内部に大きな光吸収が存在することを示すデータが得られた⁷⁾。帯間遷移による saturable absorption model によって、実験データが説明できることがわかってきた^{8),9)}。

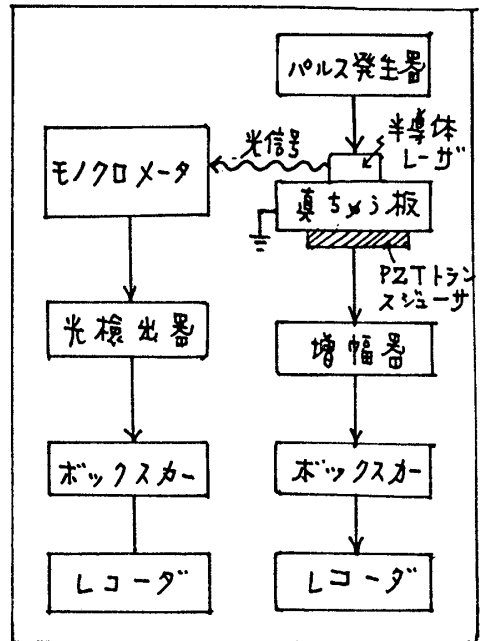


図 3

§3. 最近の発展

PAS 関係¹⁰⁾では、① Si のライフタイム測定、② Si の欠陥分布、③ GaAs と InP の非発光過程の定量的比較、④ InGaAsP/InP DH ウェーハの PAS 測定などについて研究が進展している。

CIAS 関係¹¹⁾では、1.3 μm 帯 InGaAsP 系レーザの自然放光の測定において、1.1 eV 付近での自然放光の“へこみ”が観測された。これは、CIAS において提唱した S-H 遷移モデルの検証と思われる。

文 献

- 1) K. Wata, K. Tsubouchi and N. Mikoshiba: "Photoacoustic Measurement of Non-radiative States and Defects in CdS and Si with ZnO Transducer" Jpn. J. Appl. Phys. 19 (1980) L475.
- 2) K. Wata, K. Tsubouchi and N. Mikoshiba: "Investigation of Nonradiative States in GaAs and InP by Photoacoustic Spectroscopy" Jpn. J. Appl. Phys. 19 (1980) L653.

- 3) N. Mikoshiba, K. Wasa and K. Tsubouchi: "Photoacoustic Measurements of Nonradiative States and Defects in Semiconductors"
1980 IEEE Ultrasonics Symp. Proc. (IEEE, New York, 1980) p. 658.
- 4) N. Mikoshiba and K. Tsubouchi: "Photoacoustic and Photoluminescence Measurements of Defects in Semiconductors"
1981 IEEE Ultrasonics Symp. Proc. (IEEE, New York, 1981) p.
- 5) I. Suemune, M. Yamanishi, N. Mikoshiba and T. Kawano: "Observation of Acoustic Signals from Semiconductor Lasers"
Jpn. J. Appl. Phys. 20 (1981) L9.
- 6) I. Suemune, K. Nonomura, M. Yamanishi and N. Mikoshiba: "Generation Mechanisms of Current-Injection-Induced-Acoustic (CIA) Signals in Semiconductor Lasers", Proc. 2nd Symp. Ultrasonics Electronics, Jpn. J. Appl. Phys. Suppl. (1982).
- 7) I. Suemune, M. Yamanishi and N. Mikoshiba: "Investigation of 1.3- μ m InGaAsP/InP Lasers by the Measurement of Current-Injection-Induced Acoustic Signals" Jpn. J. Appl. Phys. 20 (1981) L631.
- 8) M. Yamanishi, I. Suemune and N. Mikoshiba: "Analysis of Intrinsic Saturable Absorption in InGaAsP/InP Diode Lasers"
Jpn. J. Appl. Phys. 20 (1981) L635.
- 9) M. Yamanishi, I. Suemune, K. Nonomura and N. Mikoshiba: "Characterization of Loss Mechanism in 1.3 μ m InGaAsP/InP Laser Diodes by Acoustical and Optical Measurements" Proc. 13th Conf. Solid State Devices (1981); Jpn. J. Appl. Phys. Suppl. 21-1 (1982) p. 365.
- 10) N. Mikoshiba and K. Tsubouchi: in preparation. (1982 IEEE Ultrasonics Symp. Proc. 予定)
- 11) 野々村一泰, 末島繁夫, 山西正道, 御子柴宣夫: "InGaAsP 系レーザの自然放光の測定 (1982.4; 応用物理学会)"